

УДК 656.078; 629.73(045)

О.Є. Луппо, к.пед.н., доц.
В.І. Чередниченко, студ.
А.А. Хоменок, студ.

ЗАХІД НА ПОСАДКУ З ВИКОРИСТАННЯМ МАРШРУТІВ НА ОСНОВІ ПОТРІБНИХ НАВІГАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Національний авіаційний університет
E-mail: luppo-ae@mail.ru

Розглянуто переваги, характеристики схем, реалізацію та перспективи розвитку заходу на посадку з використанням маршрутів на основі потрібних навігаційних характеристик, що потребують додаткового дозволу.

Ключові слова: навігаційна точність, потрібні навігаційні характеристики, санкціоновані потрібні навігаційні характеристики, схеми польоту.

Постановка проблеми

Безперервний ріст обсягів авіаперевезень ставить постійно зростаючі вимоги до пропускної здатності повітряного простору й спричиняє необхідність оптимального використання розташованого повітряного простору. Ці фактори, доповнені необхідністю забезпечення ефективності експлуатації за рахунок використання прямих маршрутів і точності витримування ліній шляху, а також підвищена точність сучасних навігаційних систем визначили появу концепції потрібних навігаційних характеристик RNP – Required Navigation Performance .

Типи RNP визначають точність витримування навігаційних характеристик всіма користувачами й при всіх сполученнях навігаційних систем у межах деякого повітряного простору.

Типи RNP можуть застосовуватися фахівцями з планування повітряного простору для визначення потенційних можливостей використання повітряного простору, а також як вихідні дані для визначення вимог до ширини маршрутів і ешелонування повітряних суден (ПС) [1].

Тип RNP базується на значенні точності витримування навігаційних характеристик, які мають забезпечуватися протягом 95 % часу всіма типами ПС, що виконують польоти в межах цього повітряного простору.

Поява концепції RNP свідчить про те, що існуючі бортові навігаційні системи здатні забезпечити запланований рівень точності витримування навігаційних характеристик і що на основі цих навігаційних систем можна ефективніше використовувати розташований повітряний простір.

В Україні використовується захід на посадку на основі RNP (RNP APCH). Навігаційна специфікація захід на посадку на основі потрібних навігаційних характеристик RNP APCH (RNP Approach) призначена для задоволення загальних експлуатаційних вимог RNP і дозволяє виконувати заходи на посадку ПС із базовим рівнем навігаційних можливостей RNP, не вимагаючи при цьому одержання експлуатаційного дозволу.

Навігаційної специфікації санкціоновані потрібні навігаційні характеристики RNP AR APCH (Required Navigation Performance Authorization Required).

Більш високий рівень навігаційних характеристик дозволяє ефективніше вирішувати проблеми доступу в аеропорти, які розташовані в районах із більшою кількістю перешкод, і сприяє вдосконаленню організації повітряного руху (ОПР), але жадає від експлуатанта дотримувати додаткових вимог до ПС і екіпажів та одержувати експлуатаційний дозвіл від регламентуючого повноважного органа.

Схеми заходу на посадку на основі санкціонованих RNP (RNP AR APCH) можуть дати значні експлуатаційні переваги й вигоди з погляду безпеки польотів порівняно з іншими схемами, заснованими на зональній навігації RNAV (Area Navigation), за рахунок включення додаткових можливостей у план навігаційної точності, цілісності й функціональності для виконання операцій із використанням скорочених мінімумів прольоту перешкод. Це дозволяє впроваджувати такі схеми заходу на посадку й вильоту в тих випадках, коли інші типи схем заходу на посадку й вильоту є з експлуатаційної точки зору непридатними або незадовільними.

Схеми дозволяють використовувати можливості високоякісної, контрольованої бічної й вертикальної навігації VNAV (Vertical Navigation), що сприяє підвищенню безпеки польотів і знижує ризик зіткнення справного повітряного судна з землею CFIT (Controlled Flight into Terrain)

Реалізація схем RNP AR APCH

Реалізація схем RNP AR APCH виходить за рамки побудови схем, оскільки експлуатантам ПС необхідно пройти процес одержання санкції для гарантії того, що всі експлуатаційні документи з льотної придатності оформлені.

Операції RNP AR APCH класифікуються як заходи на посадку з вертикальним наведенням APV (Approach Procedure with Vertical Guidance). Цей тип операції вимагає наявності системи позитивного вертикального наведення VNAV на кінцевій ділянці заходу на посадку FAS (Final Approach Segment).

У нинішніх реалізаціях RNP AR APCH використовується система барометричної вертикальної навігації Baro-VNAV (Barometric Vertical Navigation), що відповідає встановленим вимогам льотної придатності.

Запас висоти над перешкодами базується на статистичній оцінці всіх тридцятимільйонних похибок, названих бюджетом похибок у визначенні висоти VEB (Vertical Error Budget).

За умови забезпечення еквівалентної точності, цілісності й меж утримання можуть використовуватися й інші системи вертикального наведення.

Схеми RNP AR APCH можуть будуватися з розрахунком на різні мінімуми RNP. Однак розроблювачі схем не мають пропонувати схеми з RNP менше 0,3, якщо тільки вони не дають експлуатаційну вигоду [2].

Отже, опубліковані мінімуми RNP не мають бути менші за необхідні для забезпечення потрібних експлуатаційних можливостей.

При операціях RNP AR APCH використовуються можливості RNAV високого рівня. При цьому всі аспекти операції мають відповідати відповідним вимогам.

Безпека схем RNP AR APCH залежить від належного взаємозв'язку можливостей ПС, експлуатаційних правил і самої схеми.

Для успішного введення та реалізації RNP потрібно розмістити всі потрібні елементи у відповідних місцях (рис. 1).



Рис. 1. Безпечні та ефективні польоти за схемами RNP AR APCH

Придатність повітряних суден для виконання польотів за схемами RNP AR APCH

Повітряні судна мають задовольняти вимоги навігаційної специфікації RNP AR APCH. Виготовлювачі ПС повинні демонструвати й документально підтверджувати льотно-технічні характеристики й можливості ПС, а також дотримання будь-яких спеціальних правил або обмежень, пов'язаних із використанням ПС і систем, у рамках або програми сертифікації ПС, або оцінки придатності ПС.

Кваліфікаційна оцінка ПС є невід'ємною частиною процесу санкціонування операцій RNP AR APCH. Щодо схеми польотів по приладах на основі RNP AR APCH, то тільки ПС, які продемонстрували належні льотно-технічні характеристики, можливості й функціональні параметри, може бути дозволено здійснювати операції RNP AR APCH [3].

Демонстрація можливостей ПС дозволяє всім кваліфікованим ПС використовувати схему польотів по приладах, звільняючи тим самим розроблювача схем від необхідності враховувати окремі типи або технічні можливості ПС.

У тому випадку, якщо в рамках демонстрації можливостей RNP AR APCH підтверджені, документально оформлені й затверджені льотно-технічні характеристики, цілісність і функціональні показники ПС, проведення спеціальних або масштабних льотних випробувань і моделювання для збору статистичних даних, що підтверджують льотно-технічні характеристики ПС, не потрібно для забезпечення реалізації операцій RNP AR APCH [4].

Придатність ПС має визначатися шляхом демонстрації відповідності ПС критеріям придатності.

Придатність ПС документується виготовлювачем й приймається повноважним авіаційним органом;

Якщо вже встановлені системи й обладнання є адекватними, може не вимагатися внесення нових вказівок у постанову з виробництва польотів.

Визначення придатності обладнання ПС містить у собі:

- демонстрацію придатності ПС;
- процедури технічного обслуговування;
- перегляди Переліку мінімального обладнання MEL (Minimum Equipment List).

Експлуатаційна кваліфікаційна оцінка для польотів за схемами RNP AR APCH

Експлуатаційні правила мають відповідати будь-яким умовам, застереженням у твердженні можливостей ПС для RNP AR APCH,

і всім додатковим вимогам, наприклад, мінімальному переліку обладнання MEL, посібника з виробництва польотів, посібника з льотної експлуатації ПС і інструкціям з технічного обслуговування.

В експлуатаційних правилах слід враховувати будь-які обмеження або вимоги, встановлені розроблювачем схем. Для виконання схеми RNP AR APCH у деяких випадках може знадобитися певне обладнання або можливості.

До одержання санкції на виконання операцій RNP AR APCH експлуатант має продемонструвати державному регламентуючому органу, що враховані всі відповідні елементи операцій RNP AR APCH:

- кваліфікаційна оцінка повітря ПС;
- підготовка льотної екіпажу, диспетчера;
- MEL, збереження льотної придатності;
- вимоги щодо експлуатаційних правил;
- правила відправлення;
- процедури технічного обслуговування;
- умови або обмеження для одержання твердження;
- експлуатаційна апробація схеми для кожного типу ПС;
- проведення оцінки безпеки виробництва польотів FOSA (Flight Operational Safety Assessment).

Схема RNP AR APCH передбачає декілька типів схем для виконання польотів по них ПС із різноманітними навігаційними здатностями:

- різноманітні величини точності (RNP 0.3, RNP 0.1);
- тільки прямолінійні ділянки або криволінійні – дуга постійного радіусу до контрольної точки (тип ділянки «радіус-контрольна точка» ARINC) – (RF – ARINC leg type: radius to fix);
- відходи на друге коло за схемою RNP APCH або RNP AR APCH [5].

Дані характеристики вказуються на кожній опублікованій схемі заходу на посадку.

Особливі вимоги до навігаційних послуг

Глобальна навігаційна супутникова система GNSS (Global Navigation Satellite System) забезпечує доступність сигналів для початку польоту за будь-якою схемою RNP AR APCH.

Інерціальна система датчиків IRU (Inertial Reference Unit) потрібна для польоту за будь-якою схемою RNP AR APCH із величиною точності менш 0,3 морської милі або ділянці відходу на друге коло з RNP менш 1,0 морської милі;

Далекомірне обладнання DME (Distance Measuring Equipment) забезпечує відновлення даних про місцезнаходження ПС за допомогою DME/DME, яке може використовуватися як режим перемикавання, якщо інфраструктура й бортове обладнання можуть забезпечити необхідні експлуатаційні характеристики при відході на друге коло.

Всебічно направлений ДВЧ-радіомаяк (VHF Omnidirectional Radio Range – VOR) застосовують, коли система RNAV не може використовувати відновлення даних про місцезнаходження ПС за допомогою VOR.

Значення RNP вказуються зі збільшенням в сотих частках (0,01) морської милі.

Ширина ділянки визначається як $4 \times \text{RNP}$, половина ширини ділянки – як $2 \times \text{RNP}$ (рис. 2).

Моніторинг експлуатаційних характеристик системи AR APCH відрізняється від інших навігаційних технічних вимог:

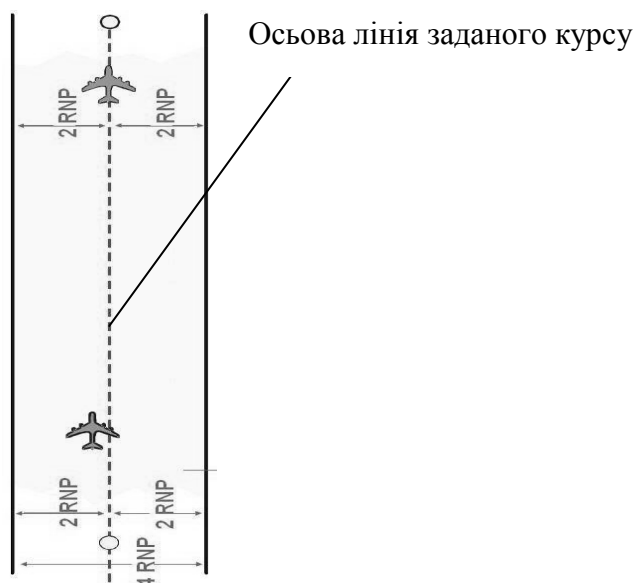
- особливими вимогами до вертикальної точності;
- особливим моніторингом і видачею попереджень, зумовлених скороченим бічним інтервалом і висотою прольоту перешкод.

Бічна точність – набір величин точності (від 0,1 до 0,3 морської милі)

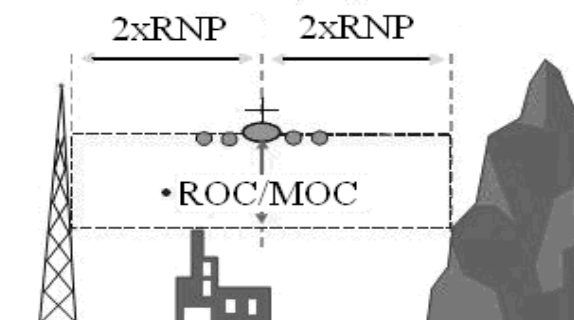
Вертикальна точність визначає 99,7% похибок системи у вертикальному плані.

Видача попереджень стосується експлуатаційних характеристик у поперечному й вертикальному планах.

Питання вертикальної навігаційної точності вирішується за допомогою коригувальних експлуатаційних мір. Експлуатаційні характеристики похибок та експлуатаційні характеристики з похибками мають відповідати цілям безпеки польотів.



a



б

Рис. 2. Ширина ділянки RNP:

а – зверху;

б – у розрізі

Вимоги до ПС й експлуатаційні вимоги застосовуються спільно для виконання заходу на посадку:

Оснащені обладнанням GNSS і baro-VNAV ПС можуть відповідати цим вимогам, якщо політ ПС виконується в гармонії зі забезпечуваним наведенням.

Експлуатаційні характеристики ПС можуть вимагати перепідготовки пілотів і нових правил польоту.

Оснащення ПС запасними засобами дотримання вимог може допомогти експлуатантові отримати допуск ПС до

експлуатації. Величина ймовірності перевищення горизонтального й вертикального обсягу прольоту перешкод має бути менше 1×10^{-7} на один захід на посадку.

Експлуатаційні характеристики висотомірів є ключовим елементом при польотах за схемами RNP AR APCH.

Критерії вимагають двох незалежних висотомірних джерел, установлених в основному полі видимості пілотів, та виконання екіпажами ПС перехресних перевірок висотомірів у межах $\pm 100'$.

Такі перевірки підтверджують задовільну якість даних, які вводяться в комп'ютер керування польотом, що забезпечує витримування траєкторії у вертикальній площині. Ця вимога може бути задоволена за рахунок застосування автоматизованої функції порівняльного моніторингу показань висотомірів.

За відсутності такої автоматизованої функції потрібно її процедурна заміна, тобто спеціальні процедури для екіпажу ПС.

Дії екіпажу з установки висотоміра мають одночасно приводити в дію функцію введення показників висотоміра в систему RNP.

У випадку заходів на посадку за схемою RNP AR APCH, що включає в себе ділянки RF (позначаються на навігаційних картах), навігаційна система повинна мати здатність виконувати політ на ділянках RF між двома контрольними точками.

Повітряне судно має бути обладнане електронною картою, а командний пілотажний прилад і автопілот мають бути здатні задавати крен у 25° на або вище $400'$ AGL і крен в 8° нижче $400'$ AGL (рис. 3).

Жодна з можливих відмов не має викликати втрату наведення, необхідну для заходів на посадку за схемами RNP AR APCH із величиною RNP менше $0,3$. На борту ПС наявні:

- подвійний набору датчиків GNSS;
- дві системи керування польотом FMS (Flight Management System);
- дві системи повітряних даних;
- два автопілоти;
- одна інерційна еталонна система IRS (Inertial Reference System).

Експлуатаційні характеристики систем моніторинг і видача попереджень про вертикальні похибки мають відповідати встановленим цілям безпеки польотів:

– вертикальний інтервал прольоту перешкод скорочується зі збільшенням точності в бічному плані;

– перехресна перевірка систем може застосовуватися як допоміжна експлуатаційна міра.

Для ділянок відходу на друге коло використовують RNAV або критерії звичайної навігації. Це дозволяє користуватися такими схемами заходу на посадку більшої кількості ПС. Якщо для ділянки відходу на друге коло потрібна величина точності $< 1,0$ морської милі (ділянки відходу на друге коло RNP AR), жоден із можливих відмов не повинен викликати втрату наведення – подвійний набір обладнання (як у випадку схем RNP AR APCH $< 0,3$).

Втрата індикації бічного наведення викликає небезпеку.

Можливість спарювання автопілот/командний пілотажний прилад має забезпечуватися за допомогою $400'$ AGL.

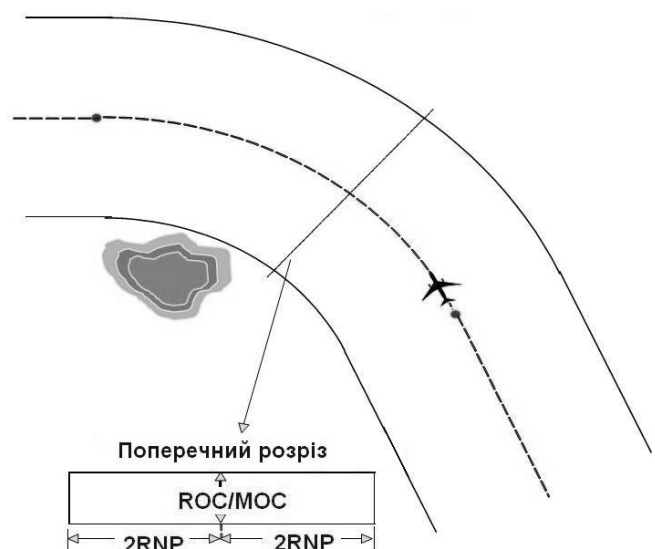


Рис. 3. Захід на посадку за схемою RNP AR APCH

У разі втрати сигналів GNSS екіпаж ПС має перемкнутися на інші навігаційні засоби, що відповідають необхідній навігаційній точності.

Мінімальний перелік обладнання MEL залежить від конкретної схеми RNP AR APCH і необхідної при її використанні навігаційної точності.

Передпольотне планування може вимагати подвійний набір обладнання.

При використанні схем RNP AR APCH на борту потрібна експлуатаційно придатна система попередження про небезпечне зближення з землею TAWS (Terrain Awareness and Warning System).

Для польотів з RNP < 0,3 або ділянками RF потрібен командний пілотажний прилад або автопілот.

Кожний експлуатант має здатність до прогнозування RNP.

В аеропорту призначення мають забезпечуватися експлуатаційні характеристики.

Екіпаж має використовувати прогнозування RNP при передпольотному плануванні.

Прогнозування RNP має враховувати всі відомі перерви в забезпеченні навігаційних послуг.

У програмі прогнозування RNP слід використовувати ті ж алгоритми, що використовуються на борту ПС.

Висновки

Підготовка й досвід польотів RNAV можуть забезпечити для виконання заходів на посадку на основі RNP.

Унікальні особливості заходів на посадку на основі RNP вимагають спеціальної підготовки.

Екіпажі мають розуміти експлуатаційні процедури й мати практику. Це особливо важливо для безпеки польотів при заходах на посадку за схемами RNP AR APCH.

Пілоти мають пройти відповідну наземну й/або льотну підготовку, перш ніж вони почнуть виконувати заходи на посадку на основі RNP. Екіпажам може знадобитися розширена підготовка до роботи із системами ПС.

Література

1. *Doc. 9613*. Руководство по требуемым навигационным характеристикам (RNP). – 3-е изд. – Монреаль. ICAO. 2008.

2. *Doc 9905*. Руководство по построению схем на основе санкционированных требуемых навигационных характеристик (RNP AR). – 1-е изд. – Монреаль. ICAO. 2009.

3. *Implementing RNP AR*. The operational approval, presented by: Matthias MAEDER and Erwan CADOT // Eurocontrol, Brussels, 2009.

4. *EASA Workshop “Required Navigation Performance Authorization Required – RNP(AR)”* 20 October 2010 The European Regulatory Framework for Operations Willy Sigl // EASA, Koeln, 2010.

5. *Required Navigation Performance Design Equipment Performance and System Capabilities* Honeywell Proprietary NBAA // Honeywell, New Jersey, 2007.

Стаття надійшла до редакції 15.04.2011.